

Delphi기법에 의한 기계공학기술의 수준평가 및 국제 기술협력기반에 관한 연구

권 영 주,* 주 상 호**

A Study on the State of Art and International Cooperation in the Field of Mechanical Engineering by Delphi Method

Youngjoo Kwon,* Sangho Joo**

ABSTRACT

We provide a fundamental set of information on technologies in the area of mechanical engineering to draw action plans for internationalization of the National R&D activities. First, we design and use a modified Delphi method to evaluate levels of our technological capabilities and developed countries' as well. We investigate technology acquisition methodologies, technology characteristics and various aspects of international cooperation in terms of technology. Secondly, we analyze final responses of participants (i.e., the third round results of Delphi method) to see the correlation between various factors in developing mechanical engineering technologies through international cooperation. The technology classification used in this research is developed by STEPI (Science and Technology Policy Institute).

Key Words : Delphi Method, Internationalization(국제화), Technology Push(생산중심), Demand Pull(수요중심), Correlation Analysis(상관분석), Analysis of Variance(ANOVA:분산분석), State of Art(최신현황)

1. 서 론

세계 주요국은 이제 자본주의와 사회주의간의 이념 전쟁을 종식하고 경제 발전을 위한 협력과 경쟁 체제로 변화하고 있다. 한편으로 정보·통신기술의 발달로 즉각적 정보 교류가 가능해지고 교통기술의 발달로 인적 물적 유통이 용이해지고 있어서 경제·사회 계분야에서 국제적 교류는 더욱 활발히 진행되고 있다. 이렇듯 각국의 경제발전 우선정책과 과학기술의 발달에 기인한 편이한 국제교류 수단의 제공으로 '80년대 후반부터 국제화(Internationalization) 혹은 세계화(Globalization)란 용어가 사회 여러분야에서 논의되기 시작하였다. 더욱이 '93년 우르과이 라운드에 따른 신국제무역의 출범과 OECD가입으로 인한 신국제기술 규범 등 대외적으로 개방화의 압력과 부담이 가중되고 있다. 이에따라 우리나라에서도 '90년대 초반부터 국제화/세계화는 정부의 가장 중요한 정책 중의 하나로 자리잡기 시작하였다.

한편 민간 기업을 중심으로 하는 경제 활동이 초국경화(borderless)되면서 자원, 생산, 판매, 자본, 연구개발 등에서 그 무대를 범 세계화하고 있고, 생산요소 비교우위에 의존하던 국제교류 형태에서 기술 비교우위에 입각한 분업내지는 협력의 형태로 변화되고 있다. 특히 과학기술 발전양상이 복합화·융합화되어 가고 그 투자도 대형화되어 가고 있으며 발전 속도가 가속화되는 등의 현상을 보이고 있다. 따라서 단일 국가나 기업의 독자적 기술 개발에 따른 비용이 가중되고 투자에 대한 위험성도 증가되고 있어서, 소수 기술 선진국간의 전략적 제휴 혹은 권역별 협력체 등을 통하여 상호 보완적 혜택을 취하고 있다.

이와함께 과학기술은 산업 경쟁력과 직결되어 있을 뿐만 아니라, 국가의 안보, 국민의 공공복지, 삶의 질 향상 등 그 영역 및 파급효과가 사회 계분야로 광범위해 지고 있다. 따라서, 과학기술 분야에 있어서 국제화의 문제는 과학기술 정책과 연구기획분야에 있어서 가장 중요한 정책 과제 중의 하나로 부각되고 있다.

이러한 국제화의 중요성 인식하에서 우리의 과학기술력 강화를 위해서 global sourcing 개념에 근거하여 어떻게 국제

적으로 연구 개발 인력을 포함한 자원을 활용할 것인가, 국제화를 위한 연구개발 사업의 수행 체제는 어떻게 개선할 것인가, 기술적 비교 우위 분야는 무엇인가, 현재 진행 중인 국제 공동연구는 어떻게 내실화, 활성화할 것인가, 과학기술 분야의 국제화의 장애요소는 무엇인가 등에 대한 연구는 성공적 국제화를 추진하기 위해서 선행 연구되어야 할 과제인 것이다.

이상에서 언급한 취지하에 "연구개발의 국제화 실천 방안의 연구"의 연구 과제가 최근에 과학기술처의 지원으로 과학기술정책관리연구소에서 시도되었다¹⁾. 이연구의 핵심내용중 하나는 국제협력전략도출을 위한 기술조사연구²⁾이다. 이와같은 조사연구를 통하여 우리나라의 기술역량 수준을 정확히 파악하여 국가연구개발정책수립시 주요지표로 활용될 수 있을 것이다. 이는 마치 "상대방과 나를 정확히 알 때만 상대방을 이길 수 있다"는 평범한 이치와 같은 것이다. 이 조사연구의 주요 내용은 기술분야별 국내의 기술현황/수준 및 연구개발 국제화를 위한 국제협력과제 도출이다. 본 논문에서는 상기내용중 기계설비기술분야의 국내외기술현황/수준 조사연구 내용만 발췌하여 재구성하였다. 조사연구방법은 Delphi기법을 채택하였는데, 본 연구에서는 효율성을 고려하여 약간 변형된 기법을 사용하였다.

2. 연구방법

2.1 연구방법 개요

Delphi기법은 1950년대 후반에 미국 Rand Corporation이 수행한 연구에서 시작되었고, "Delphi"란 용어는 그리스 신화의 '현인을 찾을 수 있는 곳'에서 기원한다. Delphi방법은 전문가의 집단에 일련의 질문과 조정된 feedback을 제공하여 믿을 만한 의견의 수렴을 얻고자하는 데 근본 취지가 있다. Delphi 기법 사용은 분석적인 방법에 의하여 답을 구할 수는 없지만 주관적 판단의 의견 수집에 의존할 수 있고, 비용과 시간적 제약 때문에 모든 전문가가 한 자리에 모여서 판단의 논리 등을 포함한 토론을 할 수 없는 경우에 적절하다. 이와같이 익명의 과정을 거치 전문가들의 전문성을 이용하여 의견수렴

* 과학기술정책관리연구소(STEPI) (성회원)
** 명지대학교 경영학과

에 도달하는 것이 Delphi기법의 특성이라 할 수 있다.

본 연구의 주된 방법론은 본래의 Delphi 기법을 수정한 전문가 조사이며, 전문가 집단은 국내대학, 출연연구소 및 기업 연구소의 전문가들로 구성·조사한다. 이 조사 결과를 중심으로 종합, 분석하여 기술 매트릭스를 작성하고, 전문가 샘플의 크기는 조사의 비용과 결과의 유의성의 상관관계에서 가장 합리적인 수준으로 결정하였다. 단, 민간부문의 의견을 반영하기 위하여 민간부문의 전문 연구자가 상당수 조사 대상에 포함되어 있었다. 조사방법의 단계는 아래와 같이 정리될 수 있다.

- 본 연구의 목적에 부합될 수 있도록 국내외 기술현황, 기술특성, 국제 협력의 제반 사항 등을 포함하는 설문문항 초안을 설계하고,
- 설문 초안의 보완 개선을 위해서 외부 전문가와의 면담 검토, 그리고 외부 전문가 15인에 대해서 우편조사를 통하여 설문 초안의 사전시험(pretest)을 하고, (1st round)
- 사전시험(pretest)에서 얻어진 의견을 검토 조정하여 설문을 완성한다.
- 설문 대상 전문가를 선정하고 설문지를 우편으로 배포하고,
- 설문 회수율을 높이기 위해서 전화 확인을 실시하고, (2nd round)
- 설문 응답 자료를 정리 및 입력하고,
- 기술부분별/문항별 평균치 및 도수분포를 중심으로 하여 설문에 대하여 1차 분석한다.
- 기술부분별 전문가회의를 통하여 Delphi 방법에 의하여 설문 1차 분석 결과의 제시·의견수렴 및 미비사항을 보완 하고, (3rd round)
- 주요 문항간의 상관 분석을 포함한 2차 분석을 실시한다.

2.2 조사연구 대상 기술분야 및 전문가

- 과학기술정책관리연구소(STEPI)에서 작성된 기술분류표상의 선상기술 분야를 제외 한 전 분야를 망라해서 조사를 실시하였으며, 기술분야에 대한 분류 체계는 STEPI "기술분류표"에 근거하여 중분류 기술 분야를 기준으로 하되, 적합치 않은 경우 소분류 혹은 세부 기술 분야에 대해서 조사를 실시하였다.
- 각 기술의 중분류분야에서 적어도 10년 이상 (박사과정 연수 포함) 연구경력과 지명도가 있는 전문 과학기술자를 조사대상 위치로 하고 선정방법으로 과학기술정책관리 연구소(STEPI)에서 수행한 기술 예측조사시 조사 대상 전문가와 Study Circle(연구회) 소속 구성원을 위함총합하여 조사 대상 전문가를 구성한 후 가능한 조사대상자의 전문성을 제한하였고 전문가내에서의 범위를 넓혀 표본 에러를 감소시켰다.

2.3 조사연구 내용

2.3.1 조사연구 설문구조 및 내용

설문지는 인적 사항, 국내 기술현황, 선진국 기술현황, 기술특성, 국제 협력에 따른 제반 사항의 5개 부문으로 구성되어 있고, 인적 사항에 관련된 문항을 제외하면 총 24개의 문항으로 되어있다. 선택형 문항 3개, 7점 척도 문항 12개, 10점 척도 문항 2개, 3점 척도(강·중·약 형태) 문항 2개, 주관식 문항 5개의 분포를 보이고 있다. Fig 1은 설문지의 전체적 구조를 보여주고 있다.

- 1) 설문자의 인적 사항
 - ① 해당 기술 분야
 - STEPI 기술 분류표 상의 중분류를 위치로 하되, 적합치 않은 경우 소분류 혹은 세부 기술분야
 - ② 설문자 경력 사항
 - 소속, 학위, 전공, 나이, 경력
- 2) 국내 현황 및 수준
 - 1) 선진국과 비교한 국내 기술개발의 개괄적 수준
 - 2) 산학연 주체별 인력 측면, 시설 측면 등에서 국내 기술 개발 수준
 - 3) 해당 기술별 국내 수준을 아래 4개의 측면에 대해서 조사
 - 기술 획득(담색, 구매, 이전 등), 생산 조업(제조, 관리 등), 기술 적용(소화, 개선 등), 기술혁신(연구 개발, 혁신적 공정 개선 등)

- ④ 기술 획득 방법론
 - 자체 개발, 모방 개발, 해외 파견 등 10개 항목
 - ⑤ 개도국 및 기타 국가에로의 기술 제공
 - ⑥ 바람직한 기술 획득 방법론
 - 자체개발, 모방 개발 등 13개 항목
 - ⑦ 바람직한 단기/중기/장기별 기술 획득 방법론
- 3) 선진국 기술 현황 및 수준
- ① 기술수명주기상(도입기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기)의 단계
 - ② 과학기술 수준, 제품제조 수준, 생산공정 수준의 선진국과의 비교
 - ③ 산학연 별 선진국 연구 주체의 수준
- 4) 기술 특성
- ① 기술획득 동기가 demand-pull과 technology-push중 어느쪽?
 - ② 기술 수요 유형별 적합성을 아래 6개의 분류에 의거하여 조사
 - 국가 차원의 네트워크 및 하부구조, 국제경쟁력 확보를 위한 공동기반 기술, 민간주도의 미래제품 개발 수요 기술, 인류공존을 위한 과학 기술, 국가 생존에 필요한 과학 기술, 창조적 본질적 연구 개발
 - 3) 기술적 난이도를 아래의 3가지 측면에서 조사
 - 복잡성, 첨단성, 독특성
 - 4) 기술개발 애로 사항
 - 설비비용, 극심한 기술경쟁, 기술보호, 기술수명, 대체 기술 등
- 5) 국제협력의 필요성 및 효과
- 1) 경제적, 산업적, 기술적 측면에서의 해당 기술분야의 중요성
 - ② 국제교류의 개괄적 현황
 - ③ 국제 기술 협력의 시급성
 - ④ 개도국과의 기술 협력의 효과
 - 시장개척, 기술축적, 자원의 확보, 고용 유발 등
 - ⑤ 국제협력을 위한 정부 지원의 필요성
- 6) 기술 협력의 가능성 및 제약 요인
- ① 국제협력의 전반적 성공 확률
 - ② 선진국별 기술 협력 제약 요인
 - 기술, 제도, 문화, 비용, 인력 등
 - ③ 협력 방안에 따른
 - 소속기관, 정부 등 소속기관의, 국외 제약 요인
 - ④ 바람직한 협력 기관과 협력 형태
 - ⑤ 바람직한 국제 협력 project

2.3.2 조사연구 설문조사자 표본내용 및 회수율
기계설비기술분야의 조사결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 총괄현황
Table 1 Response rate (단위: 명)

구분	기계·설비
발송량(A)	462
회수량(B)	182
유효입력량 B/A(%)	39

Table 2 Sectional distribution of respondents

소속별	산	학	연	불분명	계
	18.1%	50.2%	30.5%	1.1%	100%

Table 3 Distribution of final academic degrees

학위별	박사	석사	학사	불분명	계
	83.5%	10.1%	4.6%	1.6%	100%

Table 4 Distribution of research experience years

경력별	5년이하	5~10년	11~15년	16~20년	21년이상	계
	24.1%	37.0%	19.1%	12.9%	6.7%	100%

Table 5 Distribution of respondents' age

나이별	31세이하	31~40세	41~50세	51~60세	61세이상	계
	2.5%	12.6%	39.1%	13.3%	2.3%	100%

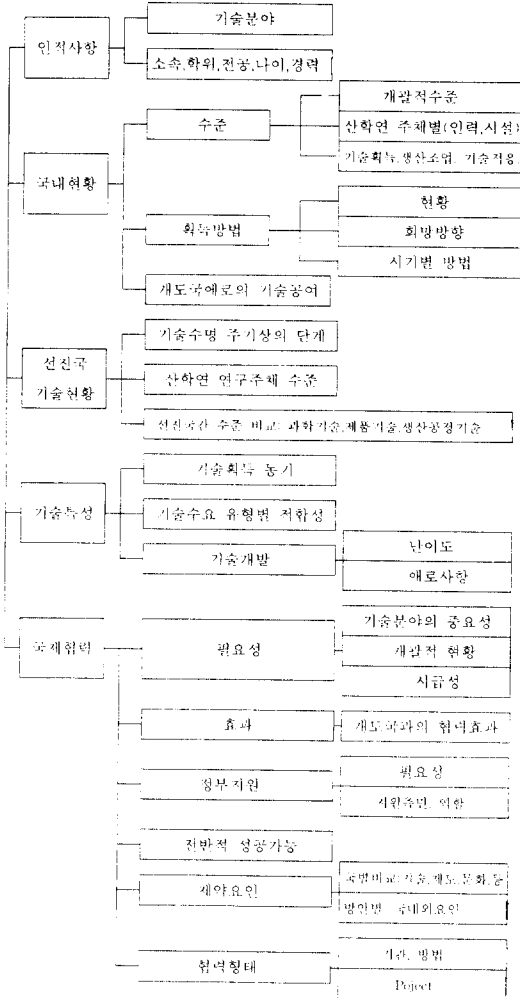


Fig. 1 Contents and Structure of survey questionnaires

2) 설문대상자 특성

유효입력량 : 168명 (36%) (단위: 명)

구분	회수					불분명
	산	학	연	기	기	
소속별	97	62	17			2
학위별	박사	석사	학사			0
	123	25	20			
경력별	5년이하	6~10년	11~15년	16~20년	21년이상	
	53	30	28	27		5
나이별	30세이하	31~40세	41~50세	51~60세	61세이상	
	2	32	61	10		3
학위취득국기별	미국	독일	영국	일본	한국	기타
	62	9	3	13	71	7

2.3.3 조사연구 설문자료 분석방법

설문 응답 자료의 1차분석은 설문분항별로 평균치 위주로 분석하였고, 분항의 내용상 관련 있는 분항간의 상관 분석을 Table 6에 제시된 것과 같이 실시하였다. 응답자가 없거나, 3인 이하인 중분류 기술은 1 2인에 의한 편중된 의견이 전체 중분류기술을 대표하게 되는 위험을 배제하기 위해서 분석 대상에서 제외하였다.

Table 6 Summary of data analysis

분석목적	분석변수	분석내용 및 방법
1. 각 기술분야별 서술적 현황 분석: 대분류 기술을 중심으로 중분류 기술분야에 대한 비교분석 병행	설문에 포함된 질문 변수	기술분야별로 각 설문문항에 포함된 기술통계량(Descriptive Statistics)을 구하고, 해당 기술분야에 있어서의 국제 기술협력 관련사항들에 대한 일반적 특성을 분석 - 대분류 기술을 기준으로 중분류 기술분야별 국제협력 특성들을 비교분석하는 도표작성
2. 기술획득의 개발방법 현황 및 파악된 정도 비교분석	기술획득의 개발방법 현황 기술획득의 개발방법 파악된 정도	기술획득의 개발방법 현황과 파악된 정도를 비교하여 profile chart를 정리, 제시하여, 국제협력방안을 강구하기 위한 기초자료로 사용
3. 기술협력의 성공요인 분석	기술협력의 성공확률(중분류수) (영향요인) 국내 기술개발수준, 개발주체별 소 화출수 능력, 기술수명 주기, 기술격차, 기술획득동기, 기술수요 적합도, 기술개발효과, 애로사항(기술 진입장벽)	국제기술협력을 성공적으로 수행하기 위한 성공요인들을 분석, 산본 분석, 상관분석, 회귀분석 등을 통하여 조사
4. 국제기술협력의 시급성과 기술특성의 연관성 분석	국제개발과 국제협력의 시급성 기술수명 주기, 기술격차, 기술난이도, 애로사항(기술진입장벽), 기술개발효과	국제협력이 시급한 분야를 기술능력, 기술특성, 기술격차 등을 중심으로 파악하고, 이를 통하여 우선적으로 기술협력을 해야 할 분야를 도출 국제간 기술협력을 시급히 시행하여야 할 분야는 어떤 기술, 기술유형 등을 주요한 영향변수를 고려하여 분석(ANOVA)
6. 국제협력의 애로요인 분석	국제협력의 애로요인(기술적 제약, 제도적 제약, 문화적 제약, 비용제약, 인력제약)	

2.4 전문가 회의

설문 조사는 기술 분류표 상의 6개 부분에 대해서 총 2,318명에게 우편으로 배포되어 회수율 46%의 보기도문 성과를 보여주었고, 이 중 966명의 응답자가 유효 자료로 입력되었다. 1차 설문 조사는 앞에서 기술되었듯이 전문가에게 우편 조사에 의한 방법으로 실시되었다. 우편 조사는 응답자의 불성실한 응답, 설문설계 혹은 해석상의 문제로 의미의 오도 등이 유발될 가능성이 있다. Delphi 방법은 1차 조사의 결과를 개시하고, 경우에 따라서는 보완된 질문으로 재조사를 동일 대상자에 대해서 재조사를 실시한다. 본 연구에서는 전체 조사를 대상으로 결과제시와 함께 불충분한 항목의 보완을 포함하는 재조사는 투입된 시간과 비용에 비해서 그 효과가 크지 않을 것으로 간주 되어서, 1차 설문 조사 응답자 중에서 인본을 대상으로 하여 전문가회의를 소집하여 1차 설문 결과의 개선 검토를 통한 의견 수렴 및 미비사항 보완을 시도하였다.

3. 연구 결과

3.1 국내현황 및 수준

3.1.1 선진국과 비교한 국내기술개발 수준

조사결과(Fig. 2)를 볼 때 각각의 중분류기술별 서로 차이가 있으나 중분류기술 결과 전체를 평균하여 선진국과 비교한 기계-설비기술분야의 국내기술개발 수준을 가능해 볼 수 있다. 이결과 중분류 기술의 응답결과에 근거한 기계-설비기술을 선진국과 비교한 국내기술개발수준은 중분류기술별로 다소의 차이를 보여주지만 「선진기술을 모방/습득하는 수준」으로 나타나고 있다.

중분류 기술 하나하나의 기술개발 수준은 조선-해양장비 기술 부분을 제외한 거의 모든 중분류기술들이 선진기술을 모방/습득하는 수준으로 응답되고 있으며, 특히 기계요소 부품 기술, 플랜트 기술, 생산 기술, 항공우주시스템, 성능요소 기술, 정밀측정, 계측기기 기술 등은 선진기술을 모방/습득하는 정도가 심함을 알 수 있다.

3.1.2 국내외 각기술개발 주체별 기술개발 및 기술소화/흡수 능력

조사결과(Table 7)를 보면 기계·설비기술분야의 기술개발 주체(산업계, 연구계, 학계)들의 기술개발 및 기술소화/흡수 능력은 전반적으로 「보통정도 미만」으로 나타나고있다. 산업계, 연구계, 학계를 비교해 볼 때 인력면에서는 연구계가 산업계보다 약간 높은 수준이며 학계가 연구계보다 약간 낮은 수준으로 분석되지만 전반적으로 큰 차이를 보이고 있지 않다.

시설 및 자본투자면에서는 연구계가 산업계나 학계보다 약간 우위에 있다고 나타나고 있으며 기타 R&D 능력은 연구계가 산업계나 학계보다 우위에 있다고 나타나있다.

3.1.3 국내외 전반적인 기술능력

조사결과(Fig. 3)를 볼 때 기술획득 능력, 기술적용능력은 기계·설비기술 전반적으로 보통수준이상으로 평가되고, 생산조업능력은 극한기술 및 추정기술을 제외한 전반적인 기계·설비기술들이 보통수준정도로 평가된다. 그러나 기술혁신능력에 있어서는 기계·설비기술 전반이 보통수준이하로 평가된다.

3.1.4 국내에서 나타나고 있는 기술획득의 제한현상

단위기계/부품/설비기술, 생산자동화기술, 항공/우주기술, 조선/해양장비기술의 거의 전 중분류기술에 걸쳐서 국내의 기술획득은 외국의 기술도입이나 외국기술의 모방개발/역조립에 의존하고 있다고 응답 되었다(Table 8). 그러나 정밀측정, 계측기기기술은 기술도입이나 외국기술의 모방개발/역조립보다 더 낮은 수준인 외국으로부터의 전체적인 기술구매를 통하여 기술획득이 이루어지고 있다고 판단된다.

3.2 선진국현황 및 수준

3.2.1 기술수명 주기단계상의 위치

전반적으로 기계·설비기술은 중분류기술마다 차이가 있지만 기술수명주기상 성숙기 에 있다고 보여진다(Fig. 4). 특히 전기기계기술, 기계요소부품기술, 수송기계기술, 조선/해양 장비기술, 항공 우주기술, 정밀측정/계측기기기술 등은 성숙기의 기술수명주기단계에 확실히 진입했다고 여겨지고 있다. 그러나 그외 생산기기기술, 생산 및 자동화 기술, 극한기술 등은 아직은 성장기의 기술수명주기상에서 완전히 벗어났다고 볼 수는 없다.

3.2.2 국가별 기술수준

조사결과(Table 9)를 보면 과학기술수준은 조선/해양장비 기술 일부를 제외한 기계·설비기술 전반적으로 미국이 가장 높은 수준으로 평가 되고 있으며 그 뒤를 일본과 독일이 높은 수준을 보이고 있다. 우리나라는 조선/해양장비기술분야를 제외한 거의 전분야가 최고수준인 미국의 30 - 50% 수준으로 나타났다. 제품기술수준에 있어서는 일본이 미국과 독일보다 약간 높은 수준으로 평가되는데, 우리나라는 조선/해양장비기술에 있어서는 세계 최고수준과 큰 차이를 보이고 있지 않으며 다른 기계·설비기술 분야에 있어서는 극한기술 및 추정기술을 제외하고는 세계 최고수준의 60-70% 수준을 보이고 있다. 생산공정기술수준에 있어서는 일본이 미국과 독일보다 높은 수준을 보이고 있으며, 우리나라는 제품기술수준과 비슷하게 조선/해양장비기술에 있어서는 세계 최고수준인 일본의 70 - 80% 수준을, 다른 기술들에 있어서는 50 - 70% 수준을 보이고 있다.

3.2.3 주요 선진국의 산·학·연별 기술보유 수준

조사결과(Table 10)를 볼 때 분석대상인 선진 5개국들은 그들의 산업계, 학계, 연구계 각각의 기술보유수준이 거의 큰 차이를 보이고 있지 않으며 동시에 극히 일부기술분야를 제외하고는 매우 높은 수준의 기술능력을 보유하고 있다고 응답되었다.

국가별로 비교해 볼 때 산업계에 있어서는 일본이 미국, 독일과 거의 대등소의하게 약간의 우위를 보이고 있으며, 학계의 경우에 있어서는 5개국들이 거의 백중백 기술보유 수준을 보이고 있는데 특히 미국, 영국, 독일이 일본이나 프랑스보다 약간 우위에 있다고 나타나고 있다. 연구계에 있어서는 미국, 일본, 독일이 거의 비슷한 수준을 보유하고면서 영국과 프랑스보다 약간의 우위를 보이고 있다고 나타나고 있다.

3.3 기술특성

3.3.1 기술획득 동기에 따른 기술특성

극한기술 및 추정기술은 기술/생산중심형(Technology Push)기술쪽에 가깝고 그외 기술들은 약간의 정도차이는 있

지만은 시장/수요중심형(Demand Pull)기술쪽에 가까운 기술들로 나타나고 있다(Fig. 5).

3.3.2 기술수요에 근거한 기술특성 분류

조사결과(Table 11)에 의하면 전반적으로 기계·설비기술은 「국제경쟁력 확보에 필요한 공통기반요소기술」 및 「민간 주도 미래제품개발 수요기술」로의 특성이 강하다고 나타나고 있다. 이외에도 항공/우주기술, 극한기술, 추정기술들은 「인류공존을 위한 과학기술」 및 「국가생존에 필요한 과학기술」로의 특성도 있다고 나타나고 있다.

3.3.3 기술적 난이도에 따른 기술특성

조사결과(Fig. 6)를 볼 때 기계·설비기술은 전반적으로 상당히 복잡하고 정교하며(Technologically Complicate & Sophisticate), 독특하고 (Technologically Unique), 첨단성에 매우 높은 (State-of-Art Technology)기술로 나타나고 있다.

3.3.4 선진국 수준에 도달하는데 따른 전반적인 예로사항

기계·설비기술분야에 있어서 선진국수준에 도달하는데 있어 장애가 되는 예로사항으로는 전반적으로 선진국의 기술보호벽이 높은 점이 지적되고 있으며 설비비용이 큰 점도 전반적으로 보통정도 이상의 예로사항으로 나타나고 있다. 특히 플랜트기술은 설비비용이 큰 점, 기술경쟁이 극심한점, 선진국의 기술보호벽이 높은 점 등 선진국수준에 도달하는데 예로요인이 가장 많은 기술로 나타나고 있다.

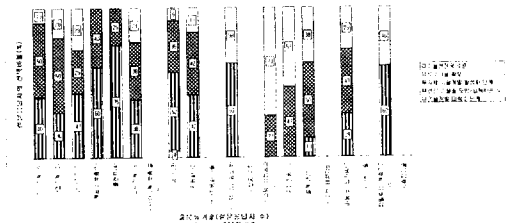


Fig. 2 Technology level comparison with developed countries

기술분야	미국	일본	독일	프랑스	한국
기계·설비기술	100	75	70	65	45
항공·우주기술	100	85	80	75	55
조선·해양장비기술	100	90	85	80	60
생산·자동화기술	100	80	75	70	50
전기·기계기술	100	85	80	75	55
수송·기계기술	100	80	75	70	50
정밀·측정·계측기기기술	100	85	80	75	55
화학·소재기술	100	80	75	70	50
에너지·환경기술	100	85	80	75	55
생명·의료기술	100	80	75	70	50
정보·통신기술	100	85	80	75	55
첨단·제조기술	100	80	75	70	50

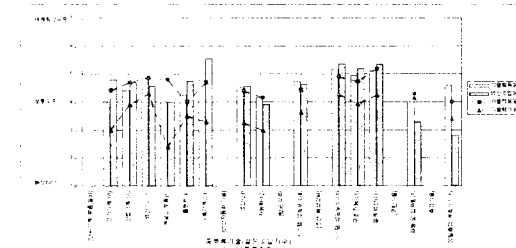


Fig. 3 Technology level comparison with developed countries

기술분류	기술개발 단계	기술개발 단계별 기술개발수준				기술개발수준	기술개발수준	기술개발수준	기술개발수준
		1	2	3	4				
기계설비기술	기계설비기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	기계설비기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	기계설비기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	기계설비기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
전자기술	전자기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	전자기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	전자기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	전자기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
화학기술	화학기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	화학기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	화학기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	화학기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5

기술분류	기술개발 단계	기술개발 단계별 기술개발수준				기술개발수준	기술개발수준	기술개발수준	기술개발수준
		1	2	3	4				
기계설비기술	기계설비기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	기계설비기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	기계설비기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	기계설비기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
전자기술	전자기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	전자기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	전자기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	전자기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
화학기술	화학기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	화학기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	화학기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
	화학기술	1.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5

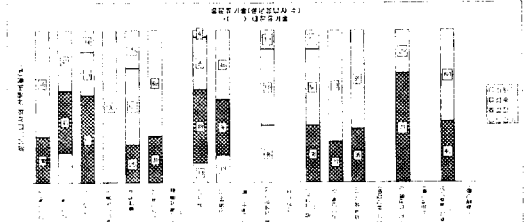


Fig. 4 Evolution of main factors of technology in the technology life cycle

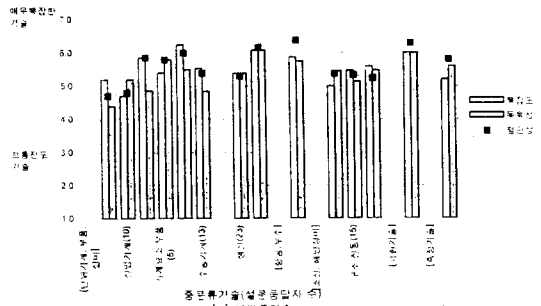


Fig. 5 The technology difficulty

4. 연구결과 분석

4.1 국제 기술협력의 성공요인 분석

국제기술협력을 성공적으로 수행하기 위하여 국제 기술협력이 이루어질 경우 성공확률의 종속변수에 대하여 국내 기술개발 수준, 개발주체별 소화/흡수 능력, 국내의 전반적인 기술능력, 기술수명주기, 세계최고수준의 기술선진국과의 기술격차, 기술획득 동기, 기술적 난이도, 국제간 기술협력의 애로사항 등의 영향요인에 대하여 분산분석(ANOVA), 상관분석(Correlation Analysis) 방법으로 분석하였다.

4.1.1 국내 기술개발 수준을 선진국과 비교했을 때 기술개발 수준과의 관계

기계설비기술분야에 대하여 선진국대비 국내 기술개발 수준의 평균을 다음의 식을 이용하여 구하였다. 그결과 기계설비기술에 대한 선진국 대비 국내기술개발 수준의 평균값은 2.92이다. 즉 선진기술을 모방/습득하는 단계에 있지만 자체기술개발의 활성화단계에 거의 접근한 수준으로 분석되고 있다.

[O, × 각 단계별 도수]

$$(식) R = \frac{\sum (O_i \times i)}{\sum O_i} \quad (i=1,2,3,4,5)$$

[전체 도수]

단, R = 기술분야의 선진국대비 국내기술개발수준의 평균

O = i 기술개발수준단계(i=1:해당 기술분야의 기술개발 미착수 단계, i=2:선진기술을 모방/습득하는 단계, i=3:자체 기술개발의 활성화 단계, i=4:기술선진국 수준에는 못미치나 우수기술 확보단계, i=5:기술선진국 수준)

위의 결과를 좀더 구체적으로 살펴보기 위하여 국내 기계설비기술개발 단계별 국제기술협력 성공확률간의 관계성을 기술분야별 분산분석(ANOVA) 통계기법을 이용한 분석결과가 Table 13에 제시되어 있다. 분석결과에서 보여주듯이 기술개발 단계별로 국제 기술협력의 성공확률간에는 유의성있는 차이가 없다는 것을 보여 주고 있다. 기계설비기술분야는 기술선진국 수준에는 못 미치나 우수기술 확보단계에 있을 때 자체기술 개발의 활성화단계보다 성공확률이 높다는 유의성있는 결과를 제시하고 있다. 위의 분석결과를 토대로 기계설비기술 분야중 기술개발 수준의 평균이 자체 기술개발을 활성화 단계 이상인 중분류 기술들을 Table 12에 제시하였으며, Table 12에 나타나 있는 중분류 기술들에 관해서는 국내 평균 기술 개발수준 보다 비교우위에 있는 기술이라 일컬을 수가 있다.

Table 12 Technologies of comparative advantage at the mid-level classification

기술분야	대분류 기술	중분류 기술
기계-설비	조선해양장비 기술 국회 기술	시스템 성능요소, 구조 진동, 설계-생산 과동 및 입자빔

Table 13 The success probability of the international technology cooperation of domestic technology development steps

(7.0 : 매우 성공적임)

기술분야	국내 기술개발 수준	해당 기술 분야의 기술개발 비확률 단계	선진 기술 중 도입 가능한 수준	자재 기술 개발의 활성화 단계	기술진척률 중 미치나 기술개발 단계	기술선진국 수준	F 값 (P-값 < 0.05)
기계-설비	4.00 (1)	5.21 (0.80) (2)	5.09 (1.16) (3)	5.61 (1.00) (4)	5.61 (1.11) (4)	5.61 (1.11) (4)	2.27 (0.08)

주: 값 밑의 괄호 안의 비

4.1.2 기술개발 주제별 소화/흡수 능력과의 관계성

기계설비기술분야에 대하여 각 기술개발 주제별 소화/흡수 능력을 산업계, 연구계, 학계에 대하여 인력, 시설 및 자본투자, 기타 R&D능력 측면에서의 설문응답 결과의 평균을 Table 14에 제시하였다.

Table 14 Mean values of technology digestion/absorption capability of R&D Groups(industries, universities and R&D institutes)

(1.0:아주 미흡, 4.0:보통, 7.0:다히 우수)

기술분야	산업계			연구계			학 계		
	인력	시설 및 자본투자	기타 R&D 능력	인력	시설 및 자본투자	기타 R&D 능력	인력	시설 및 자본투자	기타 R&D 능력
기계-설비	3.81	3.87	3.52	4.11	3.56	3.89	4.17	2.67	2.60

위 Table 14에서 보는바와 같이 산업계와 연구계는 인력, 시설 및 자본투자, 기타 R&D능력 측면에서 편차를 크게 보이지 않으나, 학계의 경우는 인력이 산업계와 연구계 보다 약간 높으나 시설 및 자본 투자 측면에서는 상대적으로 뒤처지고 있다. 기술개발 소화/흡수 능력에 있어서 세계 최고수준과 비교했을 때 국내의 기술개발 소화/흡수 능력이 보통 및 그 이하정도로 나타났다. 기계설비기술분야에 대한 기술개발 주제별 소화/흡수 능력의 평균이 보통이상인 중분류 기술을 Table 15에 제시하였다

Table 15 Technologies of mid-level classification which we have above-average digestion/absorption capabilities

기술분야	대분류 기술	중분류 기술		
		산업계	연구계	학 계
기계-설비	단위 기계, 부품, 설비	생산기기, 수송기기	전기기계	생산기기
	조선, 해양장비	설계, 생산	시스템 성능요소, 구조 진동	
	측정 기술		정밀 측정 및 계측기기	

4.1.3 국내의 기술능력과의 관계성

국내의 전반적인 기술능력을 기술획득능력, 생산조업능력, 기술적응능력, 기술혁신능력의 지표로 구분한 설문응답 결과의 평균을 Table 16에 나타냈다. Table 16의 분석결과로부터 국내의 기술혁신능력이 타 기술능력에 비하여 낮은 결과를 보여주고 있다.

Table 16 Mean values of technological innovation capability by categories

(1.0:아주 미약함, 10:보통, 7.0:세계최고수준)

기술능력지표	기술획득능력	생산조업능력	기술적응능력	기술혁신능력
기계-설비	4.61	4.71	4.60	3.62

4.1.4 기계설비기술분야의 기술수명주기 단계와의 관계

기계설비기술분야에 대하여 기술수명주기 단계를 아래의 식을 이용하여 구한결과, 설문응답 결과의 평균이 2.51로 나타났다 [O, < 각 단계별 도수]

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (i-1) \cdot O_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (i = 1, 2, 3, 4, \dots)$$

[전체 도수]

단, R = 기술분야의 기술수명주기평균

O_i = i 기술수명주기(i=1:기술의 초기 생성기,도입기)=2:기술개발 활동의 보편화기(성장기),=3:기술의 소화/흡수기(성숙기),=4:대체기술의 등장 및 소멸단계(쇠퇴기))

이 결과는 기계설비기술분야가 기술수명주기 단계상 기술개발 활동의 보편화기(성장기)에서 약간 벗어난 상태에 있는 것으로 분석된다. 그리고 분산분석 방법을 이용하여 기술수명주기 단계별 국제 기술협력의 성공확률을 비교분석한 결과 각 기술수명주기 단계별로 유의성있는 차이가 없다는 것을 보여주고 있다(참조 Table 17).

Table 17 The success probability of the international technology cooperation of mechanical technology life cycles

기술수명주기	기술의 초기 생성기 (도입기)	기술개발 활동의 보편화기 (성장기)	기술의 소화/흡수기 (성숙기)	대체 기술의 등장 및 소멸 단계 (쇠퇴기)	F 값 (P-값 < 0.05)
기계-설비	5.60 (0.97) (10)	5.24 (0.87) (50)	5.29 (1.11) (77)	5.00 (1.22) (5)	0.47 (0.70)

4.1.5 세계 최고수준의 선진국과의 기술격차 관계

기계설비기술분야에 대하여 과학기술수준, 제품기술수준, 생산공정기술수준을 지표로 하여 한국, 미국, 일본, 영국, 프랑스, 독일 등의 국가별 기술수준에 대한 설문응답 결과의 평균을 Table 18에 제시하였다. 위의 설문결과를 토대로 각 기술수준지표에 대하여 기술분야별로 미국과 일본이 세계 최고의 과학기술수준 국가임을 보여주고 있다. 세계 최고수준 국가와의 기술격차와 국제 기술협력의 성공확률간의 상관관계 분석결과 유의수준에서 유의성있는 결과를 보여주지 못하고 있다. 세계 최고수준의 국가와 기술격차가 가장 적은 중분류 기술은 조선해양장비기술의 시스템, 성능요소기술로 나타났다.

Table 18 Technological capability levels by countries in the area of mechanical engineering

(10:세계최고수준)

기술수준지표	기술분야	
	한국	기계-설비
과학 기술 수준	한국	4.35
	미국	9.14
	일본	8.94
	영국	7.54
	프랑스	7.45
제품 기술 수준	독일	8.45
	한국	5.47
	미국	8.56
	일본	9.34
	영국	7.52
생산 공정 기술 수준	프랑스	7.56
	독일	8.72
	한국	5.63
	미국	8.38
	일본	9.36
기술 수준	영국	7.31
	프랑스	7.39
	독일	8.36

4.1.6 기술획득동기 상관관계

기술분야별 기술획득동기를 시장/수요중심형(Demand Pull)과 기술 생산중심형(Technology-Push)중 어느 쪽에 더 가까운지 대하여 설문응답 결과 국내 기술획득 동기가 전체적으로 시장 수요중심형에 치우쳐 있는 것으로 나타났다(기계설비기술분야 평균은 3.21, > 1.0 :Demand - Pull에 가깝다, 4.0: 두 가지 동기가 비슷하다, 7.0: Technology-Push에 가깝다).

위의 결과를 좀더 구체적으로 살펴보기 위하여 각 기술분야별 현재 국내에서 나타나고 있는 기술획득 방법과 향후 기술개발 추진시 바람직한 방법들에 대한 결과를 살펴보면 전 기술분야에 있어서 보편화가 가장 많이 되어있는 기술획득 방법은 모방개발이며, 다음으로는 기술도입, 자체 기술개발 노력 순으로 나타났다. 그리고 향후 바람직한 기술개발 추진방법은 자체 기술개발 노력, 전문가의 해외파견 이나 기술자문 순이다. 위의 결과는 기술획득에 있어서 가장 바람직한

방법인 자체 기술개발이라는 사실은 인정하나 현재의 기술적 어려움을 극복하기 위해서는 상대적으로 시간이 적게 소요되는 모방개발, 기술도입이라는 방법을 택하고 있는 것으로 파악할 수 있다.

그러나 위와는 달리 자체 기술개발 노력으로 국내 기술개발 수준이 비교적 높은 중분류 기술은 조선, 해양장비기술의 설계, 생산기술로 분석되었다.

4.1.7 기술수요에 근거한 기술분류 적합도 상관관계

Table 19는 기술수요에 근거한 기술분류의 적합성 정도에 대하여 설문응답 결과의 평균을 나타내고 있다. 또한 위 결과로부터 기계설비 기술분야의 특성들을 살펴보면 기계설비 기술분야는 국제 경쟁력 확보에 필요한 공통요소기술로서 분류되는 것이 가장 적합한 것으로 나타나 있다.

Table 19 Mean values of adequacy to technology need classification

(1.0:전혀 해당 안됨, 4.0:보통, 7.0: 매우 적합함)

기술수요에 의한 기술분류	기술분야	기계설비
국가차원의 테크니크 및 하부구조 구축을 위한 기술		4.33
국제 경쟁력 확보에 필요한 공통기반 요소기술		5.88
민간수도의 미래제품 개발 수요기술		5.22
인류공존을 위한 과학기술		4.11
국가경쟁에 필요한 과학기술		4.99
창조적 본질적 연구개발		3.95

4.1.7 기술적 난이도 상관관계

기계설비기술분야의 기술적 난이도에 대하여 설문응답 결과 평균을 Table 20에 제시하였다. 설문분석결과 기술적 난이도가 높게 나타났다.

Table 20 Technology classification adequacy average on the basis of technology demand

(1.0:전혀 해당안됨, 4.0:보통정도, 7.0:매우 적합함)

기술난이도 분류	기술분야	기계설비
기술 복잡도 정도		5.30
집단성		5.49
기술의 독특성		5.34

4.1.8 기술선진국 수준에 도달하는데 따른 애로사항 상관관계
기술선진국 수준에 도달하는데 따른 애로사항을 설비비용, 기술경쟁, 기술보호벽, 기술수명주기, 대체기술/제품의 출현가능성 측면으로 구분하여 기술분야별 설문응답결과 평균을 Table 21에 제시하였다. Table 21 결과는 기술적 난이도가 높은 기술분야인 기계설비는 "기술보호벽이 높다"가 커다란 애로요인임을 나타내 주고 있다.

Table 21 Mean values of entrance barriers by categories to developed countries in technologies

(1.0:전혀 아니다, 4.0:보통정도, 7.0:매우 그렇다)

애로사항 분류	기술분야	기계설비
설비 비용이 너무 크다		4.74
기술경쟁이 극심하다		4.96
기술보호벽이 높다		5.20
기술수명주기가 짧다		3.86
대체기술 제품의 출현가능성이 높다		3.55

5. 결론

본 연구결과 국내 기계공학기술은 아직 자체 기술개발 활성화 단계에 미치지 못하는 수준으로 분석되었지만 조선 해양장비기술수준은 기술선진국수준에 육박해 있음을 알 수 있다. 또 국내 기계공학기술의 기술능력중 기술획득능력, 생산조업능력, 기술적응능력은 보통정도의 수준이나 기술혁신능력은 보통보다 떨어지는 수준으로 분석되었다. 국가별 기술수준 비교에서는 과학기술수준에서는 미국이 제품 및 생산공정기

Table 22 Mean values of difficulties in international technological cooperation by countries

(1.0: 계약이 거의 없다, 4.0:보통정도, 10:계약이 매우 크다)

국가	미국	일본	영국	프랑스	독일	러시아
기술협력계약요인						
기술적인 제약	4.89	5.91	5.14	5.21	5.20	4.74
제도적인 제약	4.50	5.63	4.69	4.79	4.82	5.75
문화적인 제약	3.88	4.01	4.15	4.46	4.32	5.25
비용계약	6.16	6.07	5.91	5.95	6.08	4.23
인력계약	5.09	5.12	5.09	5.30	5.42	4.55

술수준에서는 일본이 각각 세계 최고수준으로 분석되었다. 우리나라는 과학기술수준은 미국의 48%, 제품기술수준은 일본의 59%, 생산공정기술수준은 일본의 60%수준으로 대체적으로 세계최고수준의 50-60%수준으로 분석되었다. 기타 분석결과, 기계공학기술의 기술획득동기는 시장 수요증상(Demand Pull)으로, 기술적 난이도는 기술의 복잡도 정도, 집단성, 기술의 독특성 측면에서 보통정도 이상으로 분석되므로서 기술적 난이도가 높게 나타났다. 또 기술선진국수준 도달의 애로사항으로는 기술선진국들의 기술보호벽이 높다는 것이 제일 큰 애로사항으로 분석되었다.

참고 문헌

1. 과학기술처, "연구개발 국제화 실천방안연구," 과학기술정책관리연구소 연구보고서, 1995
2. 과학기술처, "국제협력 기술조사연구," 과학기술정책관리연구소 연구보고서, 1995
3. 과학기술정책관리연구소, "연구개발을 위한 한국의 기술분류 체계," 대중인쇄소, 1994
4. 김중범, "SPSS PC-사용법과 통계분석기법해설," 학현사, 1994
5. 과학기술처, "93-94년도 특정연구개발사업의 과제도출을 위한 연구기획·조사사업 -기술수요조사 방법론 개발에 관한 연구," 과학기술정책관리연구소 연구보고서, 1994
6. 과학기술정책관리연구소, "한국의 미래기술," 대중인쇄소, 1994
7. M. Bulmer, "Sociological Research Methods, An Introduction," Macmillan Education, 1984
8. 이원욱, "조사방법론," 경진사, 1991
9. Martino, J.P., "Technological Forecasting for Decision Making," New York, McGraw Hill, 1993